

국토이슈리포트

제 59호

2022년 4월 6일

| 발행처 | 국토연구원 www.krihs.re.kr | 발행인 | 강현수 | 주 소 | 세종특별자치시 대책연구원로 5

기후변화 재해에 대응한 안전국토 구현방안

요약

■ 최근 기후변화에 따른 이상기후로 다양한 자연재해가 발생하고 있으며, 향후 피해양상은 더욱 대형화, 다양화될 것으로 전망

- 최근 우리나라를 포함한 전 세계에서 지구온난화와 더불어 라니냐 재발달, 북극 해빙면적 감소, 유라시아 대륙의 눈덮임 변화 등의 영향으로 다양한 이상기후가 발생
- 우리나라의 경우 전 세계 평균에 비해 빠른 속도로 기후변화가 진행되고 있으며, 이로 인해 대규모 자연재해 발생 가능성이 높음
- 기후변화 재해의 주요 특징은 대규모화, 다양화, 불확실성 등으로 사전대책 마련 필요

■ 기후변화 재해에 대응하기 위한 주요 정책과제로는 현재 운영 중인 도시방재 정책의 실효성 제고, 시설물 설계기준 강화 및 상습침수구역 집중관리, 다중 안전도시체계 구축 및 사전복구계획 수립, 스마트 국토안전시스템 구축 등이 있음

- 현재 운영 중인 도시 기후변화 재해취약성 분석제도의 개선 및 타 부처 유관 정책과의 연계성을 강화함으로써 도시방재 정책의 실효성 제고
- 방재시설물의 설계용량을 증대함과 동시에 상습적으로 침수가 발생하는 지역은 대형 지하 조절지 등 시설물 대책을 강화
- 시설물 대책과 더불어 토지이용-단지조성-건축물을 연계한 다중안전도시체계 구축과 신속한 복구와 예방을 연계하는 사전복구계획제도 수립 및 운영
- 행정안전부의 국가재난관리시스템과 국토교통부의 도시계획정보체계를 통합 운영하는 스마트 국토안전시스템 구축 및 운영

■ 기후변화 적응(안전국토)뿐만 아니라 기후변화 완화(탄소중립)까지 고려한 종합적이고 체계적인 대응방향을 마련하는 것이 필요

- 기후변화 적응과 완화 정책의 연계를 위해서는 법·제도 개선과 더불어 공간-환경계획 간 상호 연계성을 강화함으로써 실질적인 안전국토 구현방안 모색이 필요
- 중앙 및 지방정부의 협력체계 강화와 도시 내 요소별 방재기능 강화, 세분화된 방재매뉴얼 개발 등이 필요

한우석 연구위원

표희진 연구원

* 이 리포트는 국토교통부 국토교통지역혁신기술개발 사업의 지원을 받아 수행된 '폭염 및 폭우재해에 대응한 도시방재 기술개선 연구(21RITD-C161442-01)'의 일부분을 수정·보완하여 작성한 것임.



KRIHS 국토연구원

1

최근 기후변화 재해 발생 현황 및 주요 특징

국내·외 이상기후 발생 현황 및 기후변화 전망

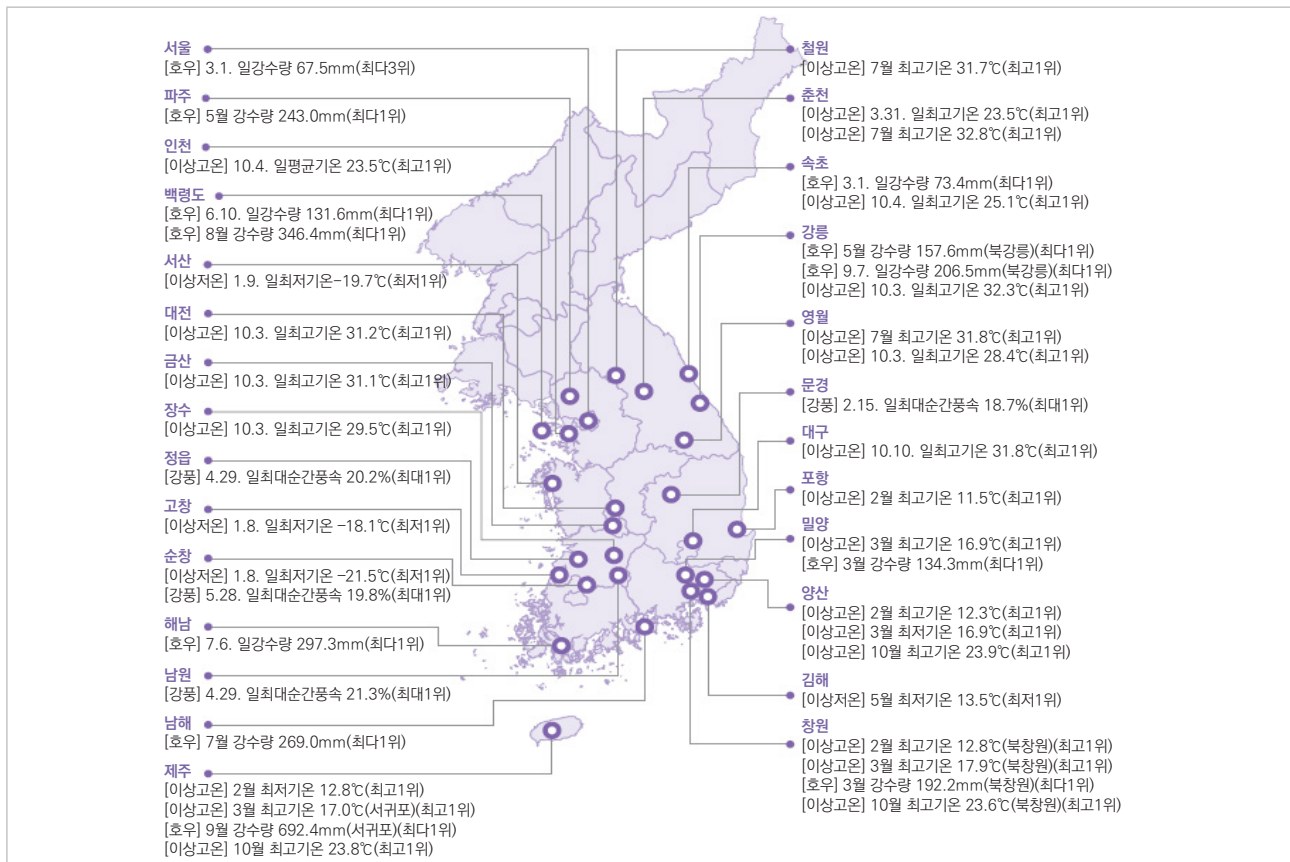
📍 최근 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 폭우, 폭염, 한파 등 다양한 이상기후가 발생

- 지구온난화, 라니냐¹⁾ 종료 이후 라니냐 재발달, 북극 해빙면적의 지속적인 감소, 유라시아 대륙의 눈덮임 변화²⁾ 등으로 폭우, 폭염, 한파 등 전 세계적으로 이상기후 발생
- 2021년 우리나라에도 이상기후가 발생하였는데, 그 원인으로 기온 변동폭이 가장 컸던 1월에 이어, 여름에는 폭염과 열대야로 무더위가 지속되었으며, 3개의 태풍 영향과 6년 연속 9월 태풍 영향 등으로 파악

📍 우리나라의 기온 상승폭은 전 세계 평균보다 두 배 이상 빠른 속도로 진행되고 있으며, 미래의 상승 속도 또한 전 세계 전망치보다 빠를 것으로 전망

- 지난 10년간 우리나라는 과거 경험하지 못한 이상기후 현상에 의해 잦은 폭염과 가뭄일수 등을 기록했으며, 지난 100년간(1912~2017년) 우리나라 6대 도시 평균기온은 1.8℃ 상승, 강수량은 11.6mm/10년 증가, 40년간 해수면은 10cm 상승
- 21세기 후반 우리나라는 온실가스 배출 정도에 따라 평균 기온 2.9~4.7℃ 상승, 강수량 3.3~13.1% 증가, 해수면 37~65cm 상승이 전망되면서 전 세계 평균보다 빠르게 변화할 것으로 예측

〈그림 1〉 2021년 우리나라 이상기후 발생 현황



출처: 관계부처 합동 2022.

- 1) 라니냐(La Lina): 적도 무역풍이 평년보다 강해지면서 서태평양의 해수면과 수온은 평년보다 상승하게 되고, 찬 해수의 융승 현상 때문에 적도 동태평양에서 저수온 현상이 강화되는 현상(네이버 지식백과).
- 2) 가을철에 유라시아 대륙의 눈덮임이 평년보다 많으면 대륙이 급격하게 냉각되며, 이로 인해 찬 대륙 고기압이 강하게 발달하면서 우리나라에 한파가 발생할 가능성이 높음.

대형 자연재해 발생과 방재정책 전환

📍 국내·외에서는 이상기후 영향으로 발생한 대형 자연재해에 대응하기 위해 전통적인 시설물 대책과 더불어 다양한 방재정책을 개발 및 운영

- 2011년 최대시우량 100mm 이상의 집중호우로 인해 발생한 우면산 산사태를 계기로 방재시설물 설치 강화와 더불어 기후변화 재해를 고려한 도시계획 수립을 위해 도시 기후변화 재해취약성 분석제도 도입
- 미국의 경우 2005년 허리케인 카트리나, 2012년 북동부를 강타한 허리케인 샌디 이후 국가대응계획(National Response Plan)에서 국가대응체계(National Response Framework)로 방재정책이 변경되었고, 국가재난복구체계(National Disaster Recovery Framework) 수립 등 방재정책에서 리질리언스(Resilience)³⁾를 강화하고 있음

〈그림 2〉 미국의 주요 방재정책 및 리질리언스 강화정책 도입 연혁

1979	연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency: FEMA) 설립 - 재난관리 관련 조직과 부서를 통합
1988	로버트 스태포드 재난 구제 및 비상 부조법(Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act) 제정 - 지역이 감당하기 힘든 대규모 재난의 발생 시 연방정부의 지원 등을 체계화
2001	911 테러
2002	국토안보법(Homeland Security Act) 제정
2003	국토안보부(Department of Homeland Security) 창설
2005	재난방지 및 대응을 위한 광범위한 종합계획(National Response Plan & National Incident Management System) 수립
2005	허리케인 카트리나 - 국토안보부의 재난대응계획이 대부분 테러 대비에 초점이 맞추어져 자연재난 대응에는 미흡
2006	포스트 카트리나 위기관리 개혁법(Post-Katrina Emergency Reform Act of 2006) - 국가대응계획(National Response Plan) → 국가대응체계(National Response Framework)로 변경
2008	뉴욕시 기후변화 대응 합의체(New York City Panel on Climate Change: NPCC1) - 통합적인 기후변화 적응도시 조성을 위한 분석 및 계획 수립
2009	지속가능한 지역사회 발전을 위한 파트너십(Partnership for Sustainable Communities) 수립 - 미국주택도시부(HUD)-미국교통부(DOT)-환경부(EPA)
2011	국가재난복구체계(National Disaster Recovery Framework) 수립 국가재해예방지침(Presidential Policy Directive 8: National Preparedness) 수립
2012	허리케인 샌디: 미국 22개 주에 영향을 미치고, 특히 뉴욕시에 막대한 직·간접 피해 발생 - 예방 중심의 계획에서 복원력 개념 도입의 필요성이 부각됨
2013	복원력을 증가시키기 위한 특별계획 발표(Special Initiative for Rebuilding and Resiliency)
2013	기후변화 대비 및 복원력 대책위원회(Task Force on Climate Preparedness and Resilience) 구성 - 기후복원력 툴킷(U.S. Climate Resilience Toolkit) 개발
2013	디자인에 의한 재건(Rebuild by Design) 개최
2014	10억 달러 국가재해 복원력 경쟁(\$1 Billion National Disaster Resilience Competition) 추진

출처: 한우석, 김종원, 하수정 외 2015.

3) 리질리언스는 'To jump back'의 뜻을 가진 라틴어 'resiliō'를 어원으로 하며 이전 상태로 되돌아가는 능력을 의미함(김현주, 김태현, 이계준 2010). 방재분야에서 리질리언스는 변화하는 환경에 따른 불확실성에 대응하여 도시 시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 예방, 대비, 대응, 복구 등 재해대응 전체 단계를 고려하는 포괄적인 방재개념임(한우석, 김종원, 하수정 외 2015).

〈그림 3〉 2011년 우면산 산사태(좌) 및 2012년 미국 허리케인 샌디 피해(우)



출처: 한국지반공학회 2011; FEMA 2012.

기후변화 재해의 주요 특징

- 전 세계적으로 유례가 드문 대규모 재해 발생
- 전통적인 자연재해 유형은 주로 홍수, 가뭄이었으나 기후변화 영향에 의해 폭염, 폭설, 강풍, 해수면 상승 등 재해 유형이 다양화되고 있음
- 기후변화 재해는 시간에 대한 불확실성이 크기 때문에 발생 시기 예측이 매우 어려움
- 또한, 기후변화 재해는 시간뿐만 아니라 장소에 대한 불확실성도 매우 크기 때문에 과거 재해에 취약했던 지역은 물론 안전했던 지역까지도 재해에 대한 위험도가 높아져 재해예방 대책을 시급하게 마련하는 것이 필요

2

기후변화 재해에 대응한 주요 정책과제

도시방재 정책의 실효성 제고

- ② 기후변화 재해에 대응한 안전한 도시 구현을 위해 대표적인 도시방재 정책으로 제시되는 도시 기후변화 재해취약성 분석제도의 실효성을 제고하고 타 부처 유관 정책과의 연계성을 강화
 - 도시 기후변화 재해취약성 분석제도는 기후변화 재해에 대응한 안전한 도시 구현을 위해 6개 재해⁴⁾를 대상으로 취약성을 분석하고, 도시·군 기본 및 관리계획 수립 시 취약성 분석결과를 활용
 - 2015년 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 개정 이후 전국 모든 지자체에서 1차적으로 재해취약성 분석을 수행하였으며, 분석결과의 신뢰성 제고를 위한 검증지원 체계는 구축되어 있지만, 분석결과를 활용한 재해 예방형 도시계획 수립을 위한 지원체계는 미흡
 - 도시·군기본계획 및 관리계획 수립 시 재해취약성 분석결과와 방재계획을 연계함으로써 통합적으로 재해에 대응할 수 있는 지원체계 마련이 필요
 - 제도의 실효성 제고를 위해서는 기후변화 및 도시방재 관련 타 부처 유관 정책(국가기후변화적응대책, 사전재해영향성 검토, 지역안전지수 등)과의 연계 활용성을 강화할 필요가 있음

4) 폭우, 폭염, 폭설, 강풍, 가뭄, 해수면 상승

영국의 국토·도시계획에서는 계획과정의 모든 단계에서 ‘홍수위험도평가’를 도입하여 토지이용계획에 반영함으로써 지속가능한 개발을 유도

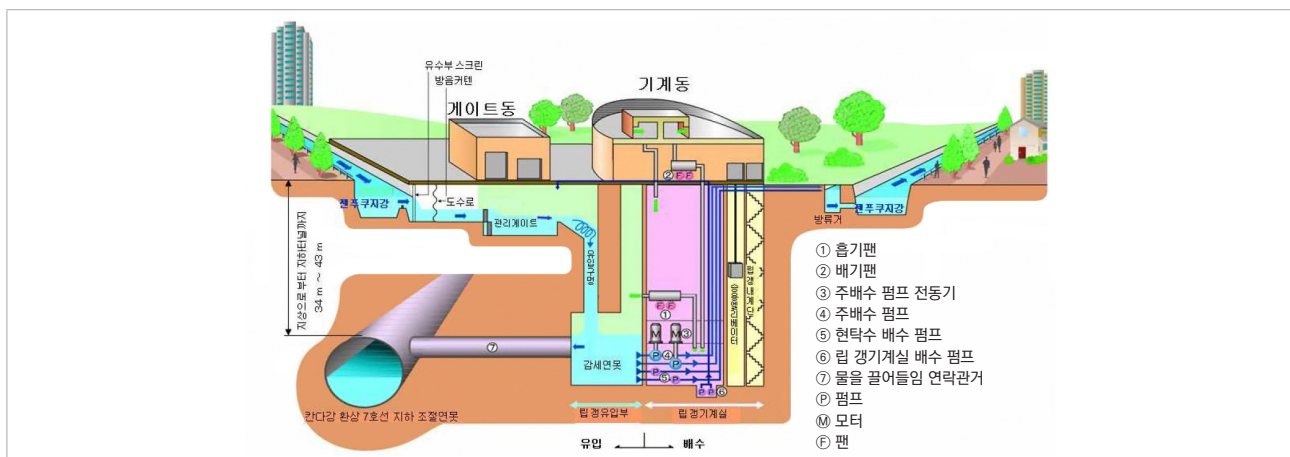
- 영국의 계획정책지침(Planning Policy Statement) 25번(PPS25: Development and Flood Risk)에서는 ‘홍수위험평가’를 도입하고 그 결과를 토지이용계획에 반영
- 개발사업 후보지는 홍수위험평가 결과에 기초하여 홍수위험이 최소화되는 지역에 우선적으로 할당하는 순차검증 적용

시설물 설계용량 증대 및 상습침수구역 집중관리 강화

📍 우리나라의 대표적인 자연재해인 폭우재해에 대응하기 위해 점진적으로 하수관거의 설계기준 상향조정과 더불어 대형 방재시설물 설치를 통한 상습침수구역 집중관리 강화

- 대형화되는 폭우피해에 대응하기 위해 하수관거의 설계용량 증대⁵⁾와 관의 병목현상이 없도록 정비가 필요하며, 상습침수지역 중심 및 도시재생사업 등을 계기로 단계적으로 하수관거 설계용량 상향조정 필요
- 인구와 기반시설이 집중된 대도시 상습침수지역에 대해서는 대형 지하조절지 등 대형 시설물 대책 추가 도입 필요

〈그림 4〉 칸다가와 지하조절지(일본 도쿄도)



주: 칸다가와 지하조절지는 칸다가와 중류의 상습침수지역 대응을 위해 환상 7호선 도로 지하에 조성된 터널식 조절지임(연장 4.5km, 직경 12.5m, 저장량 54만m³)
출처: 심우배, 한우석, 김승중 외 2012(東京都 2008에서 재인용).

다중안전도시체계 구축 및 사전복구계획 수립 및 운영

📍 도시의 토지이용-단지조성-건축물을 연계한 다중안전도시체계 구축과 더불어 재해발생 이전에 포괄적인 복구계획 수립 및 운영 필요

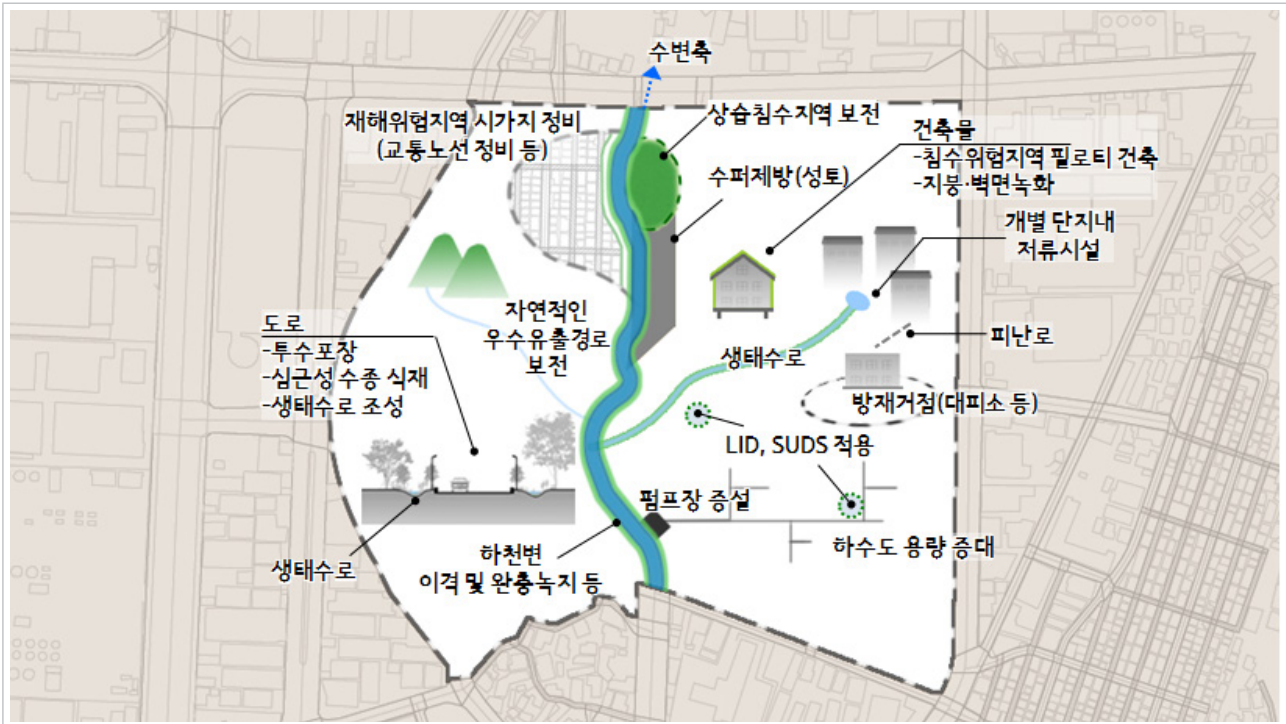
- 기후변화 재해에 대응하여 1차적으로는 구조물 대책을 강화하고, 2, 3차적으로는 도시지역 내 토지이용, 단지조성, 건축물과 연계한 다중안전도시체계 구축이 필요
- 재해취약성 분석을 통해 취약지역의 토지이용을 제한하여 재해위험이 낮은 지역으로 개발을 유도하고, 단지조성 시 저영향개발⁶⁾을 적용하여 개발 이전의 물순환시스템을 구축함과 동시에 재해특성을 고려한 건축물의 재료, 구조, 배치 계획 등을 마련하여 토지이용-단지조성-건축물을 연계한 다중안전체계 구축

5) 현재 서울시를 포함한 많은 도시의 하수관거 설계빈도는 간선 10년 빈도, 지선 5년 빈도이지만, 기후변화에 따른 대형 폭우를 고려하여 간선은 20~30년 빈도, 지선은 10년 빈도로 상향 조정하는 방안 검토 필요.

6) 저영향개발(Low Impact Development)은 소규모 분산형의 자연친화적인 기법을 활용해 우수유출 발생원부터 우수유출량 및 비점오염을 저감, 유출속도를 지연시켜 도시지역의 물순환 상태를 개발 이전에 가깝게 유지하기 위한 기법이며, 주요 저영향개발 시설물은 빗물정원, 생태저류지, 옥상녹화, 가로수 저류, 생태수로, 완충지, 식생대 등의 자연적 기법과 더불어 지붕홍통분리, 빗물통, 빗물탱크, 투수성 포장 등 인위적 기법이 있음.

- 재해발생 이전에 도시계획, 안전관리기본계획, 풍수해저감종합계획의 내용을 포괄한 사전복구계획을 수립함으로써 신속 복구에 따른 피해저감과 더불어 복구와 예방을 연계하는 정책 마련 필요

〈그림 5〉 홍수 대응 다중안전도시체계 구축 예시



출처: 심우배, 김걸, 지승희 2010.

미국 재난관리청(Federal Emergency Management Agency: FEMA)에서는 2016년, 2017년에 주정부 및 지방정부를 위한 사전복구계획(Pre-Disaster Recovery Plan: PDRP) 가이드라인을 구축

- FEMA의 사전복구계획은 플로리다의 '재해발생 이후 재개발계획(Post-Disaster Redevelopment Planning: PDRP)'을 벤치마킹한 제도로 재해발생 전에 미리 복구계획을 수립함으로써 복구 지연에 따른 간접피해를 미리 방지하고 복구와 예방대책을 연계함으로써 기후변화에 대응한 적응력을 높임
- 플로리다의 PDRP는 지역계획, 안전계획, 풍수해저감계획을 포괄하고 있으며, 6대 분야(토지이용, 주택, 경제적 복구, 기반시설 및 공공시설, 의료 및 복지, 환경)에 최소, 권장, 상급 계획수립 기준을 제시

다부처 통합 스마트 국토안전시스템 구축 및 운영

기후변화 재해에 대응한 안전도시 구현을 위해서는 행정안전부의 국가재난관리시스템과 국토교통부의 도시계획정보체계를 통합한 스마트 국토안전시스템을 구축 및 운영하는 것이 필요

- 국가재난관리시스템(National Disaster Management System: NDMS)은 자연 및 사회재난을 통합한 유기적인 재난상황 대응과 현장 중심의 재난관리 종합 수행체계를 구축하기 위한 행정안전부의 정보시스템
- 도시계획정보체계(Urban Planning Information System: UPIS)는 합리적인 도시계획 의사결정을 지원하기 위한 국토교통부의 정보관리시스템으로, 최근 자연재해저감계획도, 산사태위험도, 홍수위험도 등 다 시스템 재해주제도를 전국 도시계획 DB와 연동·활용할 계획
- 기후변화 재해에 대응한 안전한 도시 구현을 위해서는 단순 DB 연동을 넘어, 행정안전부의 국가재난관리 시스템과 유기적으로 연계하여 풍수해보험, 재해구호물자정보, 국가기반시설 관리 측면 등에서 다양한 공간 전략을 지원하는 것이 필요

3

추진방향

기후변화 적응과 완화 정책 연계를 위한 법·제도 개선

- ❗ 안전국토 구현을 위한 공간정책과 탄소중립을 위한 기후정책 간 연계성을 강화하기 위해 관련 법·제도 정비 및 계획 간 일관성 확보
 - 안전국토 구현을 위한 공간 관련 최상위 법인 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」과 기후변화 완화 관련 최상위 법인 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」의 연계성 강화
 - 국가/지자체의 공간 및 기후변화 대응 법정계획 간 기후변화 기본전제(기후변화 및 경제 전망, 인구추이, 에너지 사용량, 온실가스 배출 등)뿐만 아니라 정책방향의 일관성을 유지하며, 여건변화에 따른 수용성(국내 여건 및 국제 기후변화 정책기조의 변동성을 적기에 반영할 수 있도록 변화에 따른 유동적 계획의 수정·보완 체계) 확보 필요

공간-환경계획 간 상호 연계성 강화

- ❗ 구체적인 가이드라인 제공을 통한 단계별 공간-환경계획 간 상호 연계성 강화
 - 단기적으로는 탄소저감형 도시공간구조, 대중교통중심 토지이용계획, 신교통수단, 신재생에너지 및 자원 순환체계 도입 등으로 탄소배출저감 관련 계획을 지원할 수 있는 구체화된 가이드라인 제공
 - 중·장기적으로는 배출권 거래제, 탄소세 등 탄소가격정책 추진과 함께 민간부문의 참여 유도를 위한 에너지 복지기금, 녹색기후기금 등 재정적 제도 장치 마련을 위한 구상 필요

공간-환경계획 간 상호 연계성 강화 정책 수행 현황

- 2018년: 국토교통부와 환경부는 「국토계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 공동훈령」 제정
- 2021년: 국토교통부는 지역·도시 차원에서 기후변화 대응, 탄소중립 실현을 위해 「도시·군기본계획수립지침」, 「도시 개발업무지침」 개정안을 발표함으로써 공간-환경정책 간 상호 연계성 강조
- 하지만 구체적인 가이드라인 부재로 실효성 부분은 미흡

「도시·군기본계획수립지침」의 부문별 탄소중립 계획요소 주요 내용

- ▶ (공간구조) 온실가스 현황 지도, 건물 에너지 수요 지도, 흡수원 분포 등 탄소중립 관련 도시현황 지도를 구축하여, 공간구조 개편에 적용
- ▶ (교통체계) 자전거, 전기차 등 친환경 교통수단 확대, 녹색물류체계 계획 등
- ▶ (주거환경) 그린리모델링 등 녹색건축물 확대, 식재 등 주택 내 탄소흡수원 확충
- ▶ (에너지·폐기물) 화석연료 사용 감축방안, 신재생에너지 사용 확대, 자원순환 유도 등
- ▶ (공원·녹지) 탄소흡수원 확충, 도심바람길 조성 등 열섬현상 완화 등

출처: 국토교통부 2021b.

범부처·범지자체 협력 강화를 통한 체계적·계획적 기후변화 재해대응

- ❗ 현재 운영 중인 다양한 기후변화 재해대응 정책에 중앙부처-지자체 협력을 강화하여 기후변화 재해 대응 필요
 - 국토교통부, 행정안전부, 환경부 등 중앙정부의 관련 부처와 광역시·도, 기초지자체의 협력과 체계적 역할 분담을 통해 재해 대응
 - 특히, 국가의 관련 정책을 연구하는 중앙연구기관과 지역의 관련 정책을 담당하는 지역연구원의 협력체계를 강화함으로써 관련 정책 및 계획의 정합성 강화 필요

기후변화대응 안전국토 구현을 위한 도시 내 방재기능 강화 및 세분화된 방재매뉴얼 개발

📍 도시 내 공원 등에 방재기능을 강화하고 대규모 피해발생지역에 리질리언스 강화를 위한 특별재생지역 제도를 적극 활용하며, 세분화된 방재매뉴얼 개발

- 도시 내 대표적인 녹지 및 오픈스페이스를 가지고 있는 공원에 방재기능을 강화하는 등 도시 내 공공시설물에 방재기능 강화
- 대형 피해가 발생한 쇠퇴지역의 경우 도시재생과 연계하여 방재기능을 강화할 수 있도록 특별재생지역⁷⁾ 제도 적극적 활용
- 복합재난을 고려하여 재해발생 전 예방단계, 대응단계뿐만 아니라 단기복구 및 장기복구 시 중앙정부, 지자체, 시민의 행동요령 등을 명시한 방재매뉴얼 개발 및 배포

일본의 방재공원

- 일본에서는 대표적인 도심 내 공공시설, 오픈스페이스인 공원에 대피, 정보의 수집과 전달, 소방 및 의료·구호활동 지원, 임시피난생활 지원, 방역 및 청소활동 지원, 복구활동 지원 등의 기능을 강화한 방재공원을 운영
- 일본의 방재공원 계획수립과 정비는 '시정촌의 녹지보전 및 녹화 추진에 관한 계획', '도도부현 광역녹지계획', '시정촌 도시계획에 관한 기본방침', '지역방재계획', '도시방재 구조화를 위한 마스터플랜(방재도시만들기 계획)'에 따라 추진
- 방재공원의 종류는 광역방재거점형, 지역방재거점형, 광역 대피장소형, 1차 대피장소형, 대피로형, 완충녹지, 귀가 지원장소형, 근린방재활동거점형 등으로 구분

7) 특별재생지역은 「재난 및 안전관리 기본법」에 따른 특별재난지역으로 선포된 지역 중에서 피해지역의 주택 및 기반시설 등 정비, 재난예방 및 대응, 피해지역 주민의 심리적 안정 및 지역공동체 활성화를 위하여 국가와 지방자치단체가 도시재생을 긴급하고 효과적으로 실시하여야 할 필요가 있는 지역을 말함.

참고문헌

- 국토교통부. 2021a. 2022년 도시계획정보체계 운영·유지보수 용역 제안요청서. 세종: 국토교통부.
 _____. 2021b. 지역(공간) 단위 탄소중립 실현을 위한 기반 마련. 보도자료.
 관계부처 합동. 2022. 2021년 이상기후 보고서. http://www.climate.go.kr/home/cc_data/2022/2021%EC%9D%B4%EC%83%81%EA%B8%B0%ED%9B%84%EB%B3%B4%EA%B3%A0%EC%84%9C.pdf (2022년 3월 29일 검색).
 김현주, 김태현, 이계준. 2010. 도시 방재력 진단을 위한 지표 및 체크리스트 개발. 세종: 소방방재청.
 네이버 지식백과사전. 라니나. <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1001811&cid=42443&categoryId=42443> (2022년 3월 29일 검색).
 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침. 국토교통부훈령 제852호, 2017.5.26. 일부개정.
 심우배, 김걸, 지승희. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(II). 안양: 국토연구원.
 심우배, 한우석, 김승중, 지승희, 유재환 외. 2012. 기후변화 적응도시 조성방안 연구: 도시별 재해취약 특성분석 및 적응능력 제고방안 연구(2차년도). 과천: 국토해양부.
 장미홍, 박창열. 2019. 일본 도시공원의 방재기능 특성과 시사점 연구. 서울도시연구 제20권 제2호: 77-89.
 채여라, 강상인, 이상엽, 김동현, 공현숙, 박종철, 김이진 외. 2017. 신기후체제와 기후안전사회로의 전환. 세종: 경제·인문사회연구회.
 한우석. 2011. 도시 빗물관리 개선을 위한 미국 저영향개발 적용사례와 시사점. 국토정책Brief 제344호. 세종: 국토연구원.
 한우석, 김종원, 허수정, 이상은, 홍사흠, 배인성, 유진욱. 2015. 도시 복원력 강화를 위한 도시정책 발전방안 연구. 세종: 국토해양부.
 한우석, 육동형, 구형수, 강건국, Ruble, B., Garland, A., Savitch, H.V. 외. 2017. 기후변화 홍수재해 대응을 위한 복원력 제고방안 연구(II). 세종: 국토연구원.
 한우석, 이병재, 조만석, 정연희, 김태훈, 라정일. 2019. 대형재해에 대비한 도시복합재난 관리방안 연구: 재난관리지도 구축 및 활용을 중심으로. 세종: 국토연구원.
 한우석, 장은교, 안승만, 조만석, 안예현, 김준성, 최혜림. 2021. 폭염 및 폭우재해에 대응한 도시방재 기술개선 연구(1차년도). 안양: 국토교통과학기술진흥원.
 한국지반공학회. 2011. 우면산 산사태 원인조사 및 복구대책수립 용역. 서울: 서울특별시 공원녹지국 산지대책반.
 東京都. 2008. 10年後の東京への実行プログラム 2009. https://www.zaimu.metro.tokyo.lg.jp/bond/tosai_ir/ir_document/56.pdf (2022년 4월 1일 검색).
 FEMA. 2012. Collaborating to Build Resilience. <https://www.fema.gov/case-study/collaborating-build-resilience> (2022년 3월 30일 검색).
 _____. 2016. Pre-Disaster Recovery Planning Guide for State Governments. <https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/pre-disaster-recovery-planning-guide-for-state-governments.pdf> (2022년 3월 30일 검색).
 _____. 2017. Pre-Disaster Recovery Planning Guide for Local Governments. <https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/pre-disaster-recovery-planning-guide-local-governments.pdf> (2022년 3월 30일 검색).
 Florida Department of Community Affairs, Florida Division of Emergency Management. 2010. Post-Disaster Redevelopment Planning. <https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/post-disaster-redevelopment-planning.pdf> (2022년 3월 30일 검색).

한우석 국토연구원 국토환경·자원연구본부 연구위원(wshan@krihs.re.kr, 044-960-0282)

표희진 국토연구원 국토환경·자원연구본부 연구원(pyo0224@krihs.re.kr, 044-960-0193)